

537,033
 31 MAY 2005

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
 Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
 17. Juni 2004 (17.06.2004)

PCT

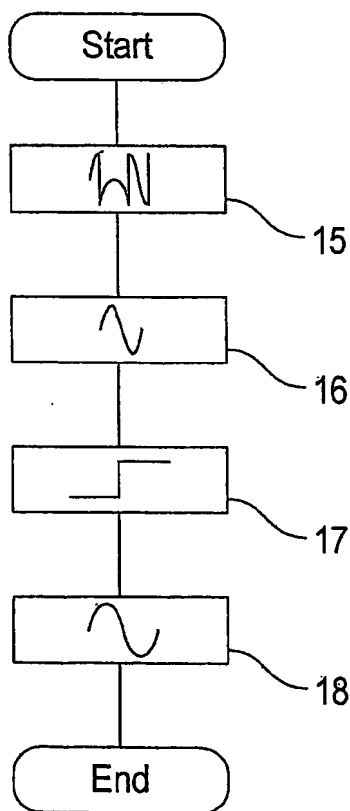
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/051193 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G01D 5/14**
 - (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/002261
 - (22) Internationales Anmeldedatum:
 8. Juli 2003 (08.07.2003)
 - (25) Elnreichungssprache: Deutsch
 - (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
 - (30) Angaben zur Priorität:
 102 55 468.4 28. November 2002 (28.11.2002) DE
 - (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]**; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
 - (72) Erfinder; und
 - (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HAKVOORT, Hilko [NL/DE]**; Arminstrasse 49, 70178 Stuttgart (DE). **AA-NEN, Arie-Govert [NL/DE]**; Augustenstrasse 60, 70178 Stuttgart (DE).
 - (74) Gemeinsamer Vertreter: **ROBERT BOSCH GMBH**; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
 - (81) Bestimmungsstaaten (national): CN, US.
 - (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).
- Veröffentlicht:
 — mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: RECONSTRUCTION OF AN ANGLE SIGNAL FROM THE SIGNAL OF A SENSOR FOR ANGLES OF ROTATION

(54) Bezeichnung: REKONSTRUKTION EINES WINKELSIGNALS AUS DEM SENSORSIGNAL EINES DREHWINKELSENSORS



(57) Abstract: The invention relates to a method for reconstructing an angle signal (9) from a signal (7) of a sensor for angles of rotation. Said sensor comprises a periodic characteristic which encompasses several segments (S) and in which points of discontinuity (8) occur. In order to reconstruct the angle signal (9), positive and negative jumps (a-d) of the sensor signal (7) are determined and a segment number (SN) is generated if a positive or negative signal jump (a-d) is detected. An evaluation unit (4) is able to reconstruct the angle signal (9) based on the segment number (SN) and the sensor signal (7).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Konstruktion eines Winkelsignals (9) aus einem Sensorsignal (7) eines Drehwinkelsensors (2), der eine periodische, mehrere Segmente (S) aufweisende Kennlinie (5) hat, in der Kennliniensprünge (8) auftreten. Zur Rekonstruktion des Winkelsignals (9) wird vorgeschlagen, positive und negative Signalsprünge (a-d) des Sensorsignals (7) zu ermitteln und bei Feststellung eines positiven oder negativen Signalsprungs (a-d) eine Segmentnummer (SN) zu erzeugen. Eine Auswerteeinheit (4) kann auf der Grundlage der Segmentnummer (SN) und des Sensorsignals (7) das Winkelsignal (9) rekonstruieren.

WO 2004/051193 A1



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Beschreibung

Rekonstruktion eines Winkelsignals aus dem Sensorsignal eines Drehwinkelsensors

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Rekonstruktion eines Winkelsignals aus dem Sensorsignal eines Drehwinkelsensors gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie eine entsprechende Drehwinkelsensoranordnung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 6.

Drehwinkelsensoren werden in einer Vielzahl von Applikationen eingesetzt, um Winkelstellungen von drehenden Gegenständen zu messen. Üblicherweise werden magnetische oder optische Sensoren verwendet, mit denen eine berührungslose Messung möglich ist. Eine Applikation aus dem Automobilbereich ist z.B. die Ermittlung des Lenkrad- oder Lenkwinkels eines Kfz.

Fig. 1 zeigt eine aus dem Stand der Technik bekannte Messanordnung zur Messung des Drehwinkels einer rotierenden Achse 1, die in Richtung des Pfeils A gedreht werden kann. Die dargestellte Meßanordnung umfaßt einen an einem Ende der Achse 1 angeordneten Sensor 2 mit einer daran angeschlossenen Auswerteeinheit 4, wobei der Sensor 2 mit einem stationär angeordneten Geber 3 zusammenwirkt. Der Geber 3 umfaßt in diesem Fall einen Dauermagneten, der im Sensor 2 z.B. eine Spannung induziert. Als Sensorelement können beispielsweise Hall-Sensoren, magnetoresistive Sensoren (MR-Sensoren), Magnetotransistoren, etc. verwendet werden.

Ein typischer Drehwinkelsensor, wie er vielfach für die Erfassung des Lenkradwinkels in einem Kfz verwendet wird, hat beispielsweise die in Fig. 2a dargestellte Kennlinie. Wie zu erkennen ist, umfaßt das Sensorsignal α_s des Sensors 2 den

gesamten Meßbereich (z.B. zwischen -800° und $+800^\circ$ Lenkradeinschlag α_L), so dass am Ausgang des Sensors 2 bzw. der Auswerteeinheit 4 der tatsächliche Lenkradwinkel α_L ausgegeben wird. Eine Lenkbewegung, wie sie in Fig. 2b mit dem Bezugszeichen 6 dargestellt ist, bei der das Lenkrad aus der Nullstellung ($\alpha_L=0^\circ$) bis zum Anschlag nach rechts (z.B. $\alpha_L=800^\circ$) eingeschlagen und von dort bis zur Nullstellung zurückgedreht wird, wird daher vom Sensor 2 eindeutig abgebildet. Das Sensorsignal 7 ist in der Fig. 2b deswegen stufenartig dargestellt, weil es sich in diesem Beispiel um ein digitalisiertes Signal 7 handelt.

Das Sensorsignal 7 kann von weiteren im Fahrzeug angeordneten Systemen 4, wie z.B. von einem Fahrdynamikregelungssystem (z.B. ESP: Electronic Stability Program) weiterverarbeitet werden.

Sensoren 2 mit einer über einen großen Messbereich linearen Kennlinie haben den Nachteil, dass sie relativ aufwendig konstruiert und somit teuer sind.

Es ist daher wünschenswert, andere, einfacher aufgebaute Standard-Sensoren zur Winkelmessung zu verwenden, die insbesondere keine Mittel zur Zählung von vollen Umdrehungen und keine Drehrichtungserkennung benötigen. Ein solcher Sensor kann beispielsweise aus mehreren MR-Sensorelementen realisiert sein.

Die Sensorkennlinie eines solchen Drehwinkelsensors ist beispielhaft in Fig. 3a dargestellt. Wie zu erkennen ist, umfaßt der Meßbereich des Drehwinkelsensors nur einen Teilbereich (von $-p$ bis $+p$) eines Gesamtmeßbereichs für einen Drehwinkel α_L . Für Winkel α_L , die über den Teilmeßbereich (z.B. zwischen -120° und $+120^\circ$) hinausgehen, wiederholt sich die Kennlinie 5 des Sensors periodisch. Zwischen den einzelnen Perioden der Kennlinie 5, die auch als Segmente S bezeichnet werden können, zeigt die Kennlinie 5 jeweils einen

Kennliniensprung 8. Umfasst der Teilmessbereich des Drehwinkelsensors z.B. Winkel zwischen -120° und $+120^\circ$, so werden Drehwinkel α_L , die in diesem Bereich liegen, eindeutig angezeigt. Bei einem Drehwinkel von 121° liefert der Drehwinkelsensor dagegen ein Ausgangssignal α_S , welches einem Drehwinkel von -119° entspricht.

Eine Drehbewegung einer Achse, wie sie in Fig. 3b mit dem Bezugszeichen 6 dargestellt ist, wird daher zu dem Sensorsignal 7 führen. Ein solches Sensorsignal 7 kann nicht unmittelbar von einer nachgeordneten Einrichtung 4, wie z.B. einem Fahrdynamikregelungssystem, verarbeitet werden, da das Sensorsignal 7 nicht eindeutig ist.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, aus einem Sensorsignal eines Drehwinkelsensors, der eine periodische Kennlinie mit mehreren Segmenten aufweist, zwischen denen Kennliniensprünge auftreten, ein Winkelsignal zu rekonstruieren, das den tatsächlichen Drehwinkel eines Gegenstandes seit Initialisierung des Sensors eindeutig wiedergibt.

Gelöst wird diese Aufgabe gemäß der Erfindung durch die im Patentanspruch 1 und 6 angegebenen Merkmale. Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand von Unteransprüchen.

Der wesentliche Gedanke der Erfindung besteht darin, das Sensorsignal des Drehwinkelsensors zu überwachen und positive oder negative Signalsprünge im Sensorsignal zu ermitteln. Bei Feststellung eines Signalsprungs wird ein Segmentwert erzeugt, der angibt, in welchem Segment der Sensorkennlinie der aktuell gemessene Drehwinkel seit Initialisierung des Sensors liegt. Aus dem Segmentwert und dem Sensorsignal kann eine Auswerteeinheit den tatsächlichen Gesamt-Drehwinkel (seit Initialisierung des Sensors) in einfacher Weise ermitteln und somit ein eindeutiges Winkelsignal

rekonstruieren. Somit kann ein besonders einfach aufgebauter und damit kostengünstiger Drehwinkelsensor benutzt werden.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden die positiven und negativen Signalsprünge im Sensorsignal durch Schwellenwertüberwachung der Änderungsrate des Sensorsignals ermittelt. D.h., es wird ein Signalsprung angenommen, wenn die Änderungsgeschwindigkeit des Sensorsignals einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitet. Ob es sich um einen positiven (von kleineren Werten zu größeren Werten) oder einen negativen (von größeren Werten zu kleineren Werten) Signalsprung handelt, kann durch Vergleich der vom Drehwinkelsensor gelieferten Winkelwerte in einfacher Weise ermittelt werden.

Vorzugsweise ist ein Segmentzähler vorgesehen, der bei der Initialisierung des Drehwinkelsensors einen vorgegebenen Segmentwert SN (z.B. SN=0) enthält und der bei Vorliegen eines positiven oder negativen Signalsprungs z.B. inkrementiert oder dekrementiert wird. Bei einer Sensorkennlinie, wie sie in Fig. 3a dargestellt ist, wird der Segmentzähler bei Vorliegen eines negativen Signalsprungs vorzugsweise um 1 inkrementiert und bei Vorliegen eines positiven Signalsprungs um 1 dekrementiert.

Die Auswerteeinheit kann aus dem aktuellen Sensorsignal in Verbindung mit dem zugehörigen Segmentwert in einfacher Weise das tatsächliche Winkelsignal rekonstruieren. Hierzu addiert die Verarbeitungseinheit vorzugsweise einen Winkel zum Sensorsignal, der eine Funktion des Segmentwertes ist. Beispielsweise wird ein Winkel $SN \cdot \alpha(S)$ zum Sensorsignal hinzuaddiert, wobei SN der Segmentwert und $\alpha(S)$ ein der Segmentgröße entsprechender Winkel ist.

Eine erfindungsgemäße Drehwinkelsensoranordnung umfaßt einen Drehwinkelsensor, der eine periodische Kennlinie mit mehreren Segmenten aufweist, zwischen denen Kennliniensprünge

auftreten, sowie eine Verarbeitungseinheit die in der Lage ist, aus dem Sensorsignal und einem Segmentwert ein Winkelsignal zu rekonstruieren, das die tatsächliche Drehbewegung einer Vorrichtung seit Initialisierung des Drehwinkelsensors eindeutig wiedergibt, wobei die Verarbeitungseinheit wie vorstehend beschrieben arbeitet.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der beigefügten Zeichnungen beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Beispiel einer Meßanordnung zur Messung eines Drehwinkels einer rotierenden Achse;

Fig. 2a die Kennlinie eines aus dem Stand der Technik bekannten Drehwinkelsensors;

Fig. 2b das Sensorsignal des Drehwinkelsensors von Fig. 2a;

Fig. 3a die Sensorkennlinie eines bekannten Drehwinkelsensors mit periodischer Kennlinie;

Fig. 3b das Sensorausgangssignal des Sensors von 3a;

Fig. 4a ein Sensorsignal eines Drehwinkelsensors mit periodischer Kennlinie;

Fig. 4b den Zählerstand eines Segmentzählers bei Vorliegen des Signals von Fig. 4a;

Fig. 4c das rekonstruierte Winkelsignal; und

Fig. 5 ein Flussdiagramm zur Darstellung der wesentlichen Verfahrensschritte bei der Rekonstruktion eines Winkelsignals aus einem Sensorsignal.

Bezüglich der Erläuterung der Fig. 1 bis 3 wird auf die Beschreibungseinleitung verwiesen.

Fig. 4a zeigt ein Sensorsignal 7 eines Drehwinkelsensors 2 mit einer periodischen Kennlinie, wie sie in Fig. 3a beispielhaft dargestellt ist. Die Signalsprünge a-d im Sensorsignal 7 ergeben sich dadurch, dass der tatsächliche Drehwinkel α_L der Welle 1 über die Teilmessbereichsgrenzen $-p, +p$ des Drehwinkelsensors 2 hinausläuft. Dies wird im folgenden anhand eines anschaulichen Beispiels näher erläutert.

Zur Bestimmung des Lenkradwinkels eines Kfz wird beispielsweise eine Anordnung verwendet, wie sie in Fig. 1 dargestellt ist. Der Drehwinkelsensor 2 ist beispielsweise in der Lage, Drehwinkel in einem Teilmessbereich von -180° ($-p$) bis $+180^\circ$ ($+p$) zu messen. Dieser Teilmessbereich entspricht dem Segment S0 der Sensorkennlinie von Fig. 3a. Drehwinkel, die außerhalb dieses Segments S0 liegen, werden in den gleichen Messbereich abgebildet, wodurch eine eindeutige Positionsangabe nicht möglich ist. D.h., ein Winkel von $+185^\circ$ wird denselben Sensorausgangswert erzeugen wie ein Drehwinkel von -175° .

Läuft die Drehbewegung der Welle 1 zum Zeitpunkt t_1 über die Segmentgrenze $+p$ hinaus, so vollzieht das Sensorausgangssignal einen Rücksprung a auf den Sensorausgangswert des nächsten Segments S1. Der tatsächliche Drehwinkel α_L der Achse 1 befindet sich im Zeitabschnitt t_1 bis t_2 also im Segment 1 der Sensorkennlinie von Fig. 3a.

Zum Zeitpunkt t_2 unterschreitet der Drehwinkel α_L wiederum die Segmentgrenze zwischen dem Segment S0 und S1. Das Sensorsignal springt somit zum Zeitpunkt t_2 (Fig. 4a) auf den Endwert des Segments S0. Dieser positive Signalsprung ist mit dem Bezugszeichen b gekennzeichnet. Zwischen den Zeitpunkten t_2, t_3 befindet sich der tatsächliche Drehwinkel daher im Segment S0.

Bei weiterem Zurückdrehen der Achse unterschreitet der Drehwinkel dann die untere Segmentgrenze $-p$ des Segments S_0 und das Sensorsignal 1 springt mit einem positiven Signalsprung c (siehe Kennlinie von Fig. 3a) auf den Endwert des Segments S_{-1} . Der tatsächliche Drehwinkel α_L befindet sich somit im Segment S_{-1} .

Wird die Drehrichtung der Achse zwischen den Zeitpunkten t_3 und t_4 umgekehrt, und überschreitet der tatsächliche Drehwinkel zum Zeitpunkt t_4 die Segmentgrenze zwischen dem Segment S_{-1} und dem Segment S_0 , so erfolgt im Sensorsignal 7 ein negativer Signalsprung d .

Das Segment, in dem sich der tatsächliche Drehwinkel (seit Initialisierung des Sensors 2) befindet, wird mit Hilfe eines Segmentwertes SN dargestellt, wie er in Fig. 4b gezeigt ist. Die Drehwinkelsensoranordnung von Fig. 1 umfaßt hierzu einen Segmentwertzähler, der bei der Initialisierung des Drehwinkelsensors einen vorgegebenen Wert (vorzugsweise 0) aufweist und der in Abhängigkeit davon, ob ein positiver oder ein negativer Signalsprung im Sensorsignal von Fig. 4a auftritt, entweder inkrementiert oder dekrementiert wird.

Ein Signalsprung wird von der Signalverarbeitungseinheit 4 dadurch erkannt, dass die Signaländerungsrate des Sensorsignals einen vorgegebenen Schwellenwert übersteigt. Die Verarbeitungseinheit 4 kann nun in einfacher Weise das in Fig. 4c gezeigte Winkelsignal 9 rekonstruieren. Hierzu addiert sie zum aktuellen Sensorsignal 7 jeweils das SN -fache einer Segmentbreite, z.B. $SN \cdot 360^\circ$, wobei SN der Segmentwert ist.

Bei dem vorangegangenen Beispiel wurde davon ausgegangen, dass sich die Achse 1 bei der Initialisierung des Drehwinkelsensors 2 in der Nullstellung, also im Segment S_0 befindet. Befindet sich die Achse 1 dagegen in einer Winkelposition außerhalb des Segments S_0 , so muß das

Winkelsignal 2 noch um diese Abweichung korrigiert werden. Der bei der Initialisierung des Drehwinkelsensors 2 vorliegende Offset kann beispielsweise dadurch berücksichtigt werden, dass die Achsstellung beim Ausschalten des Sensors 2 gespeichert wird (vorausgesetzt, die Achse 1 wird bei ausgeschaltetem Sensor nicht bewegt).

Im Falle eines Lenkradwinkelsensors in einem Kfz, erfolgt die Initialisierung des Sensors 2 z.B. beim Einschalten der Zündung und das Ausschalten des Sensors 2 beim Ausschalten der Zündung. Da beim Ausschalten der Zündung das Lenkrad in Parkstellung üblicherweise blockiert ist, entspricht die Winkelstellung des Lenkrades beim erneuten Einschalten der Zündung der Position des Lenkrades beim vorhergehenden Ausschalten.

Weitere Maßnahmen zur Erkennung eines Offsets des Drehwinkelsensors 2, wie beispielsweise die Verwendung eines zusätzlichen Sensors, sind ebenfalls denkbar.

Fig. 5 zeigt die wesentlichen Verfahrensschritte eines Verfahrens zur Rekonstruktion eines Winkelsignals 9 aus dem Sensorsignal 7 eines Drehwinkelsensors 2, der eine periodische Kennlinie 3 mit mehreren Segmenten S aufweist, zwischen denen Kennliniensprünge 8 auftreten.

Dabei wird in einem ersten Schritt 15 das Sensorsignal 7 eingelesen und in Schritt 16 positive und negative Signalsprünge a-d des Sensorsignals 7 erfasst. Bei Feststellen eines Signalsprungs in Schritt 17 wird ein Segmentwert SN erzeugt, der angibt, in welchem Segment S der Sensorkennlinie 3 der aktuell gemessene Drehwinkel α_L liegt. In Schritt 18 kann die Auswerteeinheit 4 aus dem Sensorsignal 7 und dem Segmentwert SN den Gesamt-Drehwinkel seit Initialisierung des Sensors 2 ermitteln. Hierzu addiert die Auswerteeinheit 4 beispielweise einen Winkel zu Sensorsignal

7, der eine Funktion des Segmentwertes SN und der Segmentbreite ist.

Bezugszeichenliste

1	Achse
2	Sensor
3	Geber
4	Auswerteeinheit
5	Sensor-Kennlinie
6	Bewegungsverlauf
7	Sensorausgangssignal
8	Kennliniensprünge
9	Rekonstruiertes Winkelsignal
15-18	Verfahrensschritte
S	Segment
SN	Segmentnummer
α_L	Drehwinkel
α_S	vom Sensor angezeigter Drehwinkel
+p, -p	Segmentgrenzen
t1-t4	Zeitpunkte
a-d	Signalsprünge

Patentansprüche

1. Verfahren zur Rekonstruktion eines Winkelsignals (9) aus dem Sensorsignal (7) eines Drehwinkelsensors (2), der eine periodische Kennlinie (5) mit mehreren Segmenten (S) aufweist, zwischen denen Kennliniensprünge (8) auftreten, gekennzeichnet durch folgende Schritte:

- Erfassen von positiven und negativen Signalsprüngen (a-d) im Sensorsignal (7),
- Erzeugen eines Segmentwerts (SN) nach Feststellung eines Signalsprungs (a-d), der angibt, in welchem Segment (S) ein aktuell gemessener Drehwinkel (α_L) liegt, und
- Rekonstruieren des Winkelsignals (9) aus dem Sensorsignal (7) und dem Segmentwert (SN).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass positive und negative Signalsprünge (a-d) im Sensorsignal (7) durch Schwellenwertüberwachung der Änderungsrate des Sensorsignals (7) erfasst werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Segmentwert (SN) bei Erkennung eines positiven oder negativen Signalsprungs inkrementiert oder dekrementiert wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zum aktuellen Sensorsignal (7) ein Winkel addiert wird; der eine Funktion des Segmentwertes (SN) und der Segmentbreite ist.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Offset-Korrektur des rekonstruierten Winkelsignals (9) durchgeführt wird.

6. Drehwinkelsensoranordnung mit einem Drehwinkelsensor (2), dessen Messbereich nur einen Teilbereich (-p,+p) des Gesamt-Messbereichs umfasst und der eine periodische Kennlinie (5) mit mehreren Segmenten (S) aufweist, zwischen denen Kennliniensprünge (8) auftreten, und einer Auswerteeinheit (4), dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (4) derart eingerichtet ist, dass sie positive und negative Signalsprünge (a-d) im Sensorsignal (7) erfasst, nach dem Auftreten eines positiven oder negativen Signalsprungs (a-d) jeweils einen neuen Segmentwert (SN) ermittelt und aus dem Sensorsignal (7) und dem Segmentwert (SN) ein eindeutiges Winkelsignal (9) rekonstruiert.

7. Drehwinkelsensoranordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (4) das Sensorsignal (7) Schwellenwert überwacht, um positive und negative Signalsprünge (a-d) zu erkennen.

8. Drehwinkelsensoranordnung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (4) einen Segmentzähler umfaßt, der bei Erkennen eines positiven oder negativen Signalsprungs (a-d) inkrementiert oder dekrementiert wird.

9. Drehwinkelsensoranordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (4) jeweils einen Winkel zum Sensorsignal (7) addiert, der eine Funktion des Segmentwerts (SN) und der Segmentbreite ist.

10. Drehwinkelsensoranordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel zur Erkennung eines Offsets bei der Initialisierung der Drehwinkelsensoranordnung (2,4) vorgesehen sind.

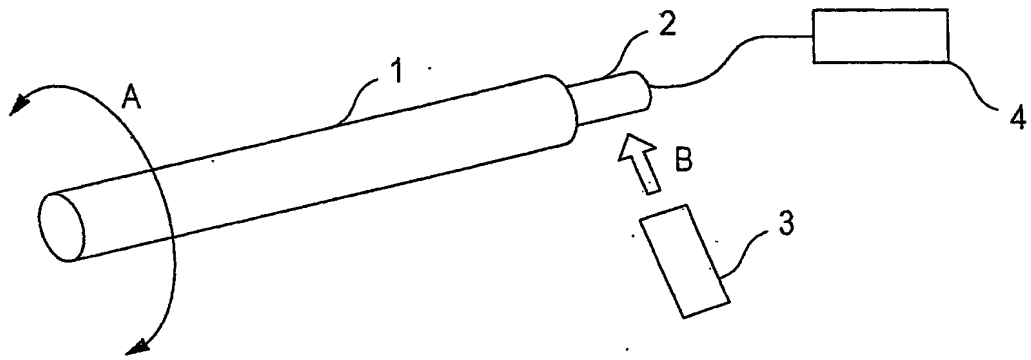


Fig. 1

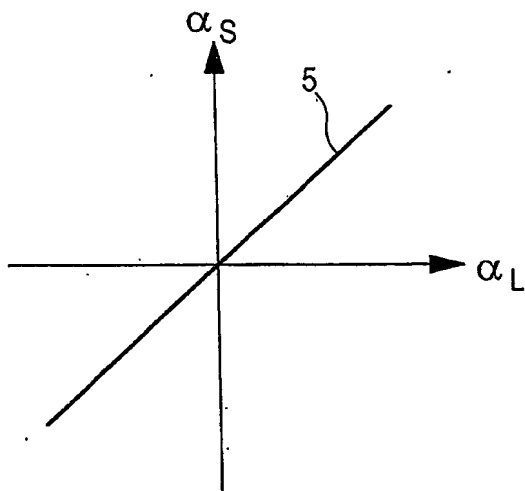


Fig. 2a

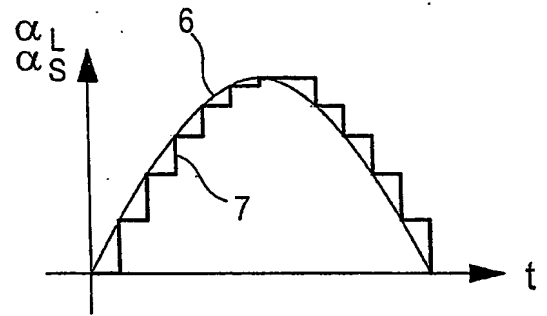


Fig. 2b

2 / 4

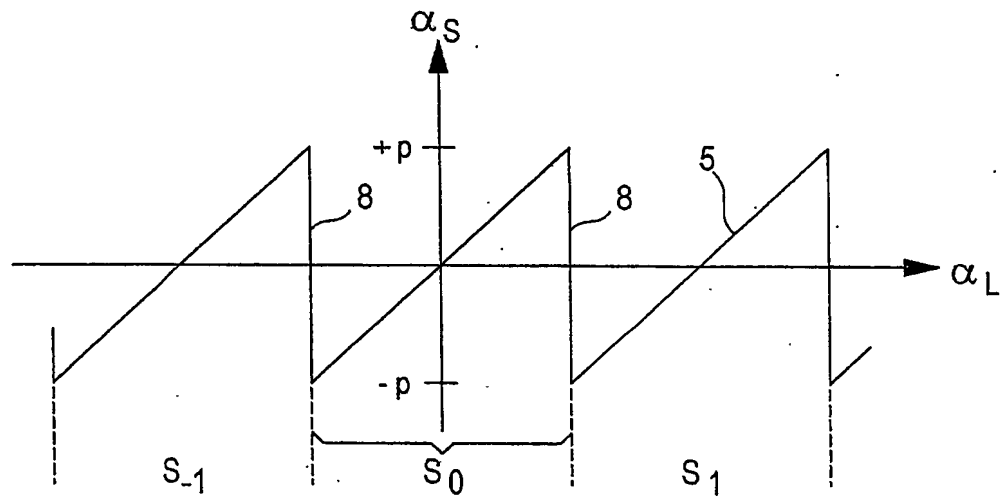


Fig. 3a

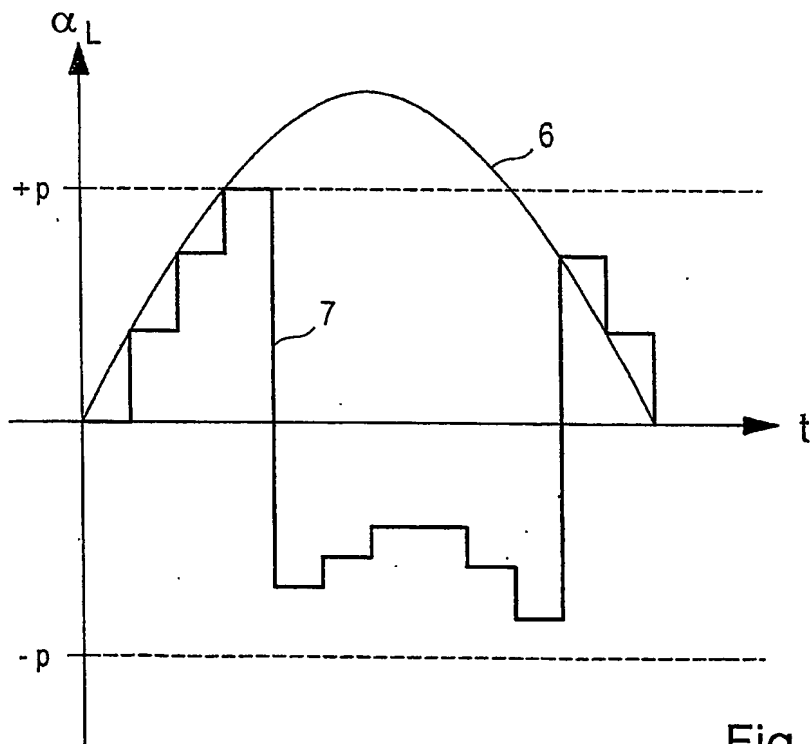
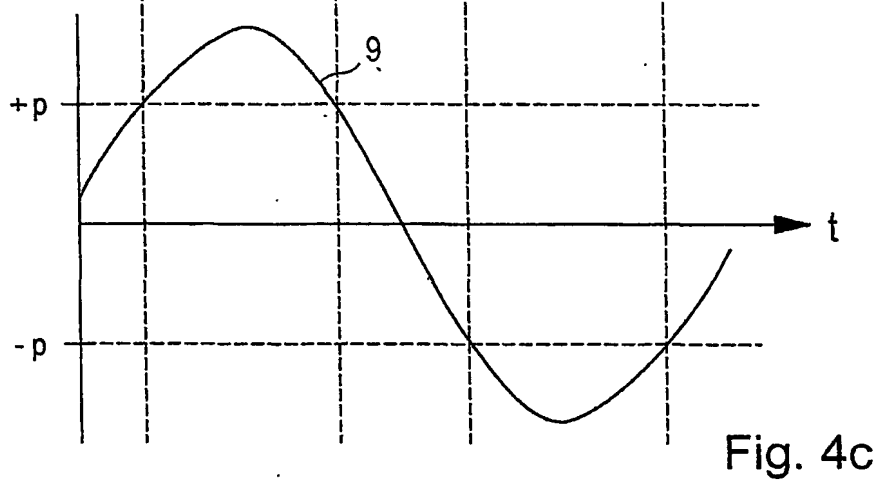
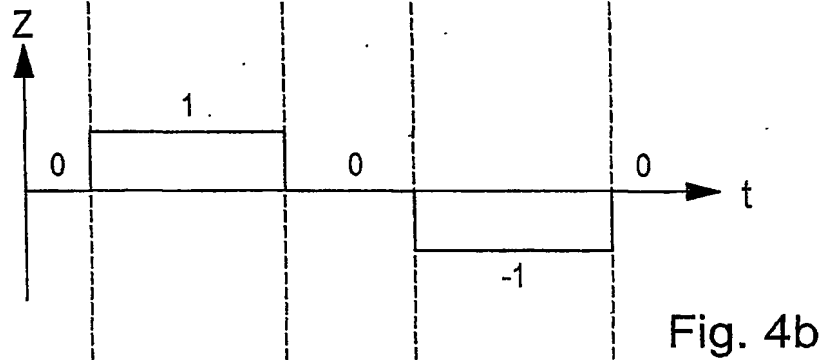
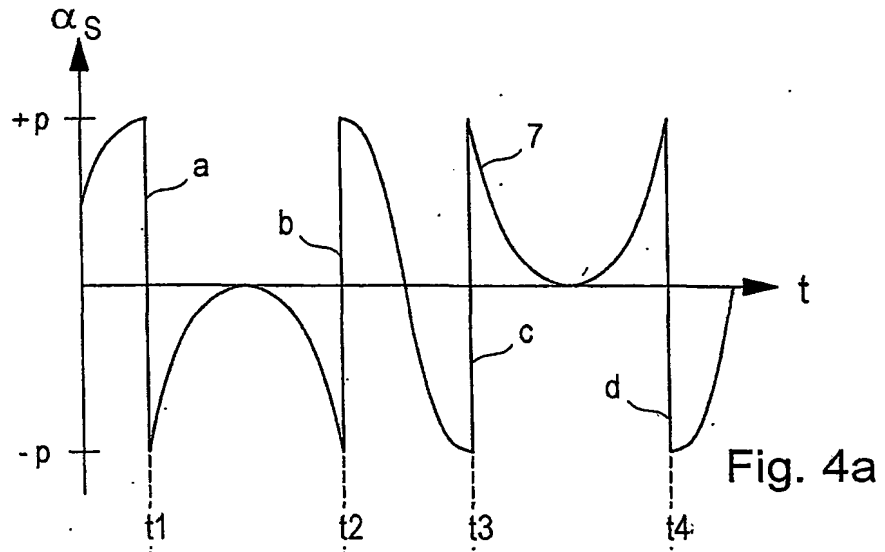


Fig. 3b



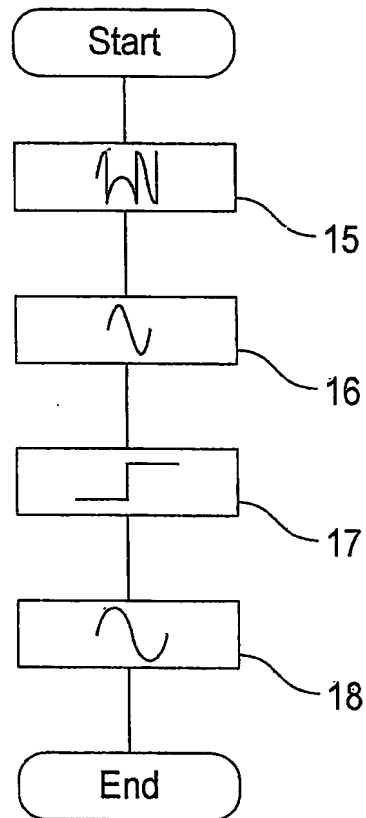


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 03/02261

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G01D5/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 G01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 05, 31 May 1999 (1999-05-31) -& JP 11 037800 A (KOYO ELECTRON IND CO LTD), 12 February 1999 (1999-02-12) abstract <p style="text-align: center;">-----</p>	1-10

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the International filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 September 2003

Date of mailing of the international search report

02/10/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ramboer, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 03/02261

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 11037800	A	12-02-1999	NONE

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/02261

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 G01D5/14

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RESEARCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 IPK 7 G01D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 05, 31. Mai 1999 (1999-05-31) - & JP 11 037800 A (KOYO ELECTRON IND CO LTD), 12. Februar 1999 (1999-02-12) Zusammenfassung	1-10

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

24. September 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

02/10/2003

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Ramboer, P

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/02261

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 11037800	A	12-02-1999	KEINE